

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 31 50 824 A 1**

⑥① Int. Cl. 3:
F03D 7/04

②① Aktenzeichen:
②② Anmeldetag:
②③ Offenlegungstag:

P 31 50 824.3
22. 12. 81
5. 8. 82

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③④
24.12.80 US 219611

⑦① Anmelder:
United Technologies Corp., 06101 Hartford, Conn., US

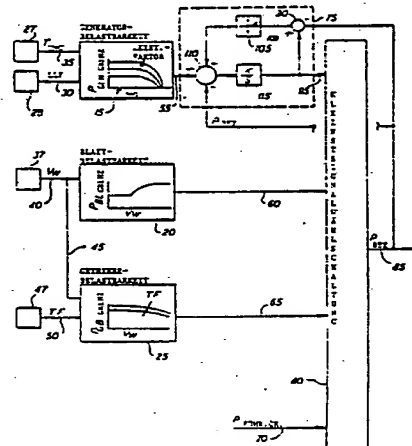
⑦④ Vertreter:
Menges, R., Dipl.-Ing.; Prah, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,
Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:
Patrick, John Peter, South Windsor, Conn., US; Kos,
Joseph Michael, Holyoke, Mass., US; Harner, Kermit Ivan,
Windsor, Conn., US

⑥④ **Blatteinstellwinkelregelanordnung für einen Windturbogenerator**

Die Blatteinstellwinkelregelanordnung für einen Windturbogenerator liefert ein optimales Leistungs- oder Drehmoment-bezugssignal, das, wenn die Betriebsbedingungen es rechtfertigen, nicht durch die Nenndrehmoment- oder Nennleistungswerte der verschiedenen Turbogeneratoranteile begrenzt wird. Das Bezugssignal gibt die maximale Blatteinstellwinkel für den sicheren Betrieb der Windturbine an. Eine Integral- oder Nachteilkompensationsschaltung (75) für einen verbesserten Übergangs- und Dauerbetrieb kann benutzt werden.

(31 50 824)



DE 31 50 824 A 1

DE 31 50 824 A 1

PATENTANWÄLTE
MENGES & PRAHL

3150824

Zugelassene Vertreter vor dem Europäischen Patentamt
Professional representatives before the European Patent Office

Erhardstrasse 12, D-8000 München 5

Patentanwälte Menges & Prah, Erhardstr. 12, D-8000 München 5

Dipl. Ing. Rolf Menges
Dipl.-Chem. Dr. Horst Prah

Telefon (089) 26 3847
Telex 529581 BIPAT d
Telegramm BIPAT München

Ihr Zeichen/Your ref.

Unser Zeichen/Our ref. U 768

Datum/Date 22.12.1981

United Technologies Corporation
Hartford, Connecticut 06101, V.St.A.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Blatteinstellwinkelregelanordnung für einen Windturbo-
generator mit einem Rotor mit Verstellblättern, der einen
elektrischen Generator über ein Getriebe antreibt, mit
einer Einrichtung (37), die ein Windgeschwindigkeitssig-
nal (V_w) liefert, das die mittlere gegenwärtige Windge-
schwindigkeit angibt, und mit einer Signalverarbeitungseinrich-
tung (15, 20, 25), die auf das Windgeschwindigkeitssig-
nal anspricht, um ein Leistungsbezugssignal zu liefern,
das den gewünschten Blatteinstellwinkel angibt, bei dem
der Windturbogenerator Wind mit der durch das Windgeschwin-
digkeitssignal angegebenen Geschwindigkeit aushält, gekenn-
zeichnet durch:
eine Einrichtung (47), die ein Turbulenzfaktorsignal lie-
fert, das den Grad angibt, bis zu dem die gegenwärtige
Augenblickswindgeschwindigkeit die gegenwärtige mittlere
Windgeschwindigkeit übersteigen kann; und
wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (25) auf das Tur-
bulenzfaktorsignal anspricht, um ein Getriebebelastbar-
keitssignal als Funktion des Windgeschwindigkeitssignals
und des Turbulenzfaktorsignals zu liefern, das den gewünsch-
ten Blatteinstellwinkel für den Rotor zum sicheren Antrei-

10.10.81

3150824

- 2 -

ben des Getriebes bei maximalen wahrscheinlichen Windgeschwindigkeiten, die durch das Windgeschwindigkeitssignal und das Turbulenzfaktorsignal angegeben werden, angibt, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (20) weiter auf das Windgeschwindigkeitssignal hin ein Blattbelastbarkeitssignal als Funktion des Windgeschwindigkeitssignals liefert, das den gewünschten Blatteinstellwinkel für den Rotor zum sicheren Arbeiten bei den Windgeschwindigkeiten angibt, die durch das Windgeschwindigkeits- und das Turbulenzfaktorsignal angegeben werden, und wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (15) das Leistungsbezugssignal liefert, das den gewünschten Blatteinstellwinkel als Funktion eines unter dem Blattbelastbarkeitssignal und dem Getriebebelastbarkeitssignal ausgewählten Signals angibt, um ein Leistungsbezugssignal zu liefern, das den größten zulässigen Blatteinstellwinkel für den sicheren Betrieb des Rotors und des Getriebes angibt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:
eine Generatorzustandseinrichtung (27, 28) zum Liefern eines Zustandssignals, das die gegenwärtige Größe eines veränderbaren Parameters angibt, der die Belastbarkeit des elektrischen Generators beeinflusst; und
wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (15) auf das Zustandssignal hin ein Generatorbelastbarkeitssignal liefert, das den gewünschten Blatteinstellwinkel für den Rotor zum sicheren Antreiben des Generators angibt, und das Leistungsbezugssignal als Funktion eines unter dem Blattbelastbarkeitssignal, dem Getriebebelastbarkeitssignal und dem Generatorbelastbarkeitssignal ausgewählten Signals, um ein Leistungsbezugssignal zu liefern, das den größten Blatteinstellwinkel angibt, der für den sicheren Betrieb des Rotors, des Getriebes und des Generators zulässig ist.

22.12.81
- 3 -

3150824

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatorzustandseinrichtung (27) das Zustandssignal liefert, das die Generatorumgebungstemperatur angibt.
4. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatorzustandseinrichtung (28) das Zustandssignal liefert, das den Generatorausgangsleistungsfaktor angibt.
5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Generatorzustandseinrichtung (27) ein zweites Zustandssignal liefert, das die Generatorumgebungstemperatur angibt, und daß die Signalverarbeitungseinrichtung eine Einrichtung enthält zum Liefern des Generatorbelastbarkeitssignals auf die kombinierten Zustandssignale hin.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungseinrichtung das Leistungsbezugssignal als ein Signal liefert, das unter
 - A) einem Integralsignal als Funktion des Zeitintegrals der Differenz zwischen einem der Belastbarkeitssignale und dem Leistungsbezugssignal und
 - B) einem weiteren der Belastbarkeitssignaleausgewählt worden ist.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungseinrichtung (15, 75) das Integralsignal als das Zeitintegral der Differenz zwischen
 - 1) einem der Belastbarkeitssignale und
 - 2) der Summe
 - a) des Leistungsbezugssignals und
 - b) eines begrenzten Teils oberhalb des Schwellenwertes der Differenz zwischen

20.12.81

3150824

(i) dem Integralsignal und
(ii) dem Leistungsbezugssignal
liefert.

PATENTANWÄLTE
MENGENS & PRAHL

3150824

Zugelassene Vertreter vor dem Europäischen Patentamt
Professional representatives before the European Patent Office

Erhardtstrasse 12, D-8000 München 5

- 5 -

Patentanwalte Menges & Prahl, Erhardtstr. 12, D-8000 München 5

Dipl.-Ing. Rolf Menges
Dipl.-Chem. Dr. Horst Prahl

Telefon (089) 26 3847
Telex 529581 EIPAT d
Telegramm EIPAT München

Ihr Zeichen/Your ref.

Unser Zeichen/Our ref.

Datum/Date

U 768

22.12.1981

United Technologies Corporation
Hartford, Connecticut 06101, V.St.A.

Blatteinstellwinkelregelanordnung für einen Windturbogenerator

Die Erfindung bezieht sich auf eine Blatteinstellwinkelregelanordnung für Windturbogeneratoren mit horizontaler Achse und betrifft insbesondere Windturbogeneratoren, die mehrere im Einstellwinkel verstellbare Blätter mit Flügelprofil haben, welche an einem Rotor befestigt sind, der einen Synchrongenerator über ein Getriebe antreibt.

Moderne große Windturbogeneratoren mit horizontaler Achse haben im allgemeinen mehrere im Einstellwinkel verstellbare Blätter (im folgenden als Verstellblätter bezeichnet), die an einem Rotor befestigt sind, der einen Synchrongenerator über ein Getriebe antreibt. Das Getriebe übersetzt die Drehzahl der Hauptturbinenwelle auf die Drehzahl, die für den Synchronbetrieb des Generators erforderlich ist.

20.10.81
- 2 -

3150824

- 6 -

Die Blätter, das Getriebe und der Generator sind nur mit einem begrenzten Eingangsdrehmoment oder einer begrenzten Eingangsleistung belastbar. Daher werden bei der Regelung von solchen modernen großen Windturbogeneratoren, wie sie beispielsweise in der US-PS 4 193 005 beschrieben sind, zum Schutz der Turbinenblätter, der Blattbefestigungen, des Getriebes, des Generators und anderer Anlagenteile die durch die Blätter aufgefangene Windenergie oder Leistung und das sich ergebende Drehmoment, das auf die Hauptturbogeneratorwelle ausgeübt wird, durch Verstellen des Blatteinstellwinkels der Profilblätter der Windturbine auf sichere Werte begrenzt. Für diese Begrenzung der Leistungs- und Drehmomentübertragung innerhalb des Windturbogenerators muß der Blatteinstellwinkelregelanordnung deshalb ein Signal geliefert werden oder diese muß selbst ein Signal erzeugen, das die maximale Leistungs- oder Drehmomentbelastbarkeit der oben erwähnten Turbogenerator-teile angibt. Gemäß der vorerwähnten US-PS 4 193 005 wird ein solches gewünschtes Drehmomentsignal, das auch als Drehmomentbezugssignal bezeichnet wird, aus einem Drehmoment- oder Funktionsgenerator 144 erhalten, in welchem numerische Werte des Nenndrehmoments in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit gespeichert sind, wodurch eine Windgeschwindigkeitseingabe in den Funktionsgenerator bewirkt, daß dieser ein entsprechendes Drehmomentbezugssignal abgibt.

Die Bezugsdrehmomentwerte, die in dem Signalgenerator 144 gespeichert sind, werden bislang auf der Basis der Nenndaten der Turbinenblätter, des Generators und des Getriebes bestimmt, wobei die Bestimmung dieser Nenndaten auf dem Betrieb dieser Anlagenteile unter elektrischer Belastung und klimatischen Bedingungen, die insgesamt schlecht für die maximale Leistungs- oder Drehmomentübertragung sind, basiert. Der Funktionsgenerator 144 begrenzt daher

22.12.81

3150824

- 3 -

- 2 -

das Bezugsleistungs- oder -drehmomentsignal und deshalb die Generatorausgangsleistung auf einen Wert, der unter relativ schlechten Betriebsbedingungen sicher ist, selbst wenn die tatsächlichen Betriebsbedingungen für die maximale Leistungs- oder Drehmomentübertragung durch die Blätter, das Getriebe und den Generator und damit für die maximale elektrische Ausgangsleistung des Generators günstig sind.

Bei Windturbinenblättern ist ermittelt worden, daß die Blattspannungen bei der Nennwindgeschwindigkeit (der niedrigsten Windgeschwindigkeit, bei der die Nennleistung erzeugt wird), bei der der Blatteinstellwinkel auf das Einfangen maximaler Energie eingestellt ist, am höchsten sind. Oberhalb der Nenngeschwindigkeit werden die Blätter im Einstellwinkel so verstellt, daß der Schub auf die Blätter verringert wird, wodurch wesentliche Windmengen von den Blättern "verstreut" werden. Diese Blatteinstellwinkelverstellung bewirkt, daß die Blattspannungen gegenüber denjenigen verringert werden, die bei der Nenngeschwindigkeit vorhanden sind.

Die maximal zulässige elektrische Ausgangsleistung eines Synchrongenerators ist von Faktoren, wie dem lastseitigen Leistungsfaktor, und von dem Kühlvermögen des Generators abhängig, das seinerseits von der Umgebungstemperatur und der Luftdichte (Höhe) abhängig ist. Die Ausgangsleistung des Generators ist eine Funktion der Belastung und des Eingangs-drehmoments des Generators. Die maximal zulässige elektrische Ausgangsleistung des Generators steigt mit zunehmendem lastseitigen Leistungsfaktor und mit steigendem Kühlvermögen. An einem bestimmten Generatöraufstellungsort (Höhe) und bei hohen lastseitigen Leistungsfaktoren und/oder niedrigen Umgebungstemperaturen kann daher der Generator bei

22.12.81

3150824

- 4 -

- 8 -

einem höheren als dem Nenneingangsdrehmoment des Rotors und deshalb mit höherer als der elektrischen Nennleistungsabgabe an die Belastung betrieben werden.

Im allgemeinen ist das Getriebe, das in dem Windturbogenerator benutzt wird, ebenfalls für eine Nenneingangsdrehmoment- oder Nennbelastbarkeit bemessen. Das Eingangsdrehmoment des Getriebes wird seinerseits durch das Ausgangsdrehmoment des Windturbinenrotors sowohl unter stationären Bedingungen als auch unter böigen Bedingungen bestimmt. Es ist üblich, die Nennbemessung von solchen Getrieben für ein gewisses stationäres Eingangsdrehmoment vorzunehmen, wobei das Getriebe so ausgelegt wird, daß es größere, angenäherte transiente Drehmomente auf Grund von Böen aushält. Solche transienten Drehmomente oder Übergangsdrehmomente werden im allgemeinen in der Größenordnung von 140% Nenn-drehmoment angenommen. Es ist festgestellt worden, daß, wenn die Windböen, die tatsächlich auftreten, eine geringere Größe, Frequenz und Dauer als erwartet haben, das Getriebe im stationären Zustand mit mehr als seinem Nenneingangs-drehmoment betrieben werden kann, wodurch sich eine elektrische Ausgangsleistung des Generators ergibt, die größer als die Nennausgangsleistung ist.

Aus obigen Darlegungen ergibt sich, daß unter gewissen Bedingungen, d.h. bei niedriger Umgebungstemperatur, hohem Leistungsfaktor und niedrigem Windturbulenzfaktor und bei einer mittleren Windgeschwindigkeit oberhalb der Nenn-geschwindigkeit, der Windturbogenerator bei höheren als den Nennleistungen oder Nenn-drehmomenten der Turbinenblätter, des Getriebes oder des Generators, wie sie durch einen herkömmlichen Bezugssignalfunktionsgenerator geliefert werden, sicher betrieben werden kann. Beim Betrieb mit solchen Leistungs- oder Drehmomentwerten, die höher als die Nennwerte sind, steigt selbstverständlich die elektrische Ausgangsleistung des Turbogenerators an, wodurch die Kosten pro

22.12.81

3150824

-9-

Einheit der durch diesen erzeugten elektrischen Energie verringert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein optimales Leistungs- oder Drehmomentbezugssignal für eine Windturbogeneratorregelanordnung auf der Basis von tatsächlichen Betriebsbedingungen des Turbogenerators zu liefern.

Gemäß der Erfindung werden Signale, die die maximale Leistungs- oder Drehmomentbelastbarkeit des Generators, der Blätter und des Getriebes unter Wind-, Temperatur- und Leistungsfaktorbetriebsbedingungen angeben, und eine Führungsgröße, die die gewünschte Generatorausgangsleistung angibt, miteinander verglichen, und das Leistungs- oder Drehmomentsignal, das die geringste Größe hat, wird als Leistungs- oder Drehmomentbezugssignal ausgewählt. Dieses Bezugssignal wird anschließend an eine Blatteinstellwinkelregelanordnung abgegeben, um Einstellwinkelpositionen zu erzielen, bei denen die Turbogeneratorausgangsleistung dem Bezugssignal entspricht. In einer Ausführungsform der Erfindung werden von den Generator-, Blatt- und Getriebe-maximalbelastbarkeitssignalen eines oder mehrere einer Nacheil(lag)-Kompensationsschaltung zugeführt, die eine Integralkompensationseinrichtung zum Glätten des Signals und zum Verbessern der Genauigkeit desselben enthält. Die Nacheilungskompensationsschaltung enthält außerdem eine Einrichtung zum Begrenzen des Fehlers zwischen dem Ausgangssignal der Integralkompensationseinrichtung und dem Ausgangsbezugssignal der Anlage auf einen Wert, der einen übermäßigen Betrieb der Integralkompensationseinrichtung verhindert, wenn das Bezugssignal durch ein Belastbarkeitssignal begrenzt wird, bei dem es sich nicht um dasjenige handelt, welches der Nacheilungskompensationsschaltung zugeordnet ist.

22.12.81

3150824

- 6 -

10

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher beschrieben.

Die einzige Figur zeigt ein Schaltbild einer bevorzugten Ausführungsform der Windturbogeneratorblatteinstellwinkelregelanordnung nach der Erfindung.

Gemäß der Zeichnung enthält die Regelanordnung nach der Erfindung Einrichtungen, wie Digitaldatensuchspeicher oder Analogfunktionsgeneratoren 15, 20, 25, zum Erzeugen von Signalen, die die Leistungsbelastbarkeiten des Getriebes, der Blätter und des Generators als Funktionen der Turbogeneratorbetriebsbedingungen angeben. Die Regelanordnung wird zwar mit Bezug auf solche Speicher beschreiben, es ist jedoch klar, daß im Rahmen der Erfindung auch entsprechende Drehmomentfunktionsspeicher benutzt werden können, wobei die numerischen Werte des Drehmoments leicht in Leistungswerte umgewandelt werden können, und umgekehrt. Wenn deshalb im folgenden von einem Leistungssignal die Rede ist, so soll darunter entweder ein Leistungs- oder ein Drehmomentsignal verstanden werden.

Der Generatorspeicher 15 speichert die Generatorleistungsbelastbarkeit $P_{\text{GEN GRENZ}}$ als Funktion sowohl des lastseitigen Leistungsfaktor (LLF)-Signals als auch von Umgebungstemperatureingangssignalen T_{UMG} für eine bestimmte Höhe, wobei klar ist, wie oben dargelegt, daß die Generatorleistungsbelastbarkeit mit steigendem Leistungsfaktor und fallender Umgebungstemperatur ansteigt. Die Leistungsfaktor- und Temperatursignale werden durch geeignete Meßgeber geliefert, wie beispielsweise ein Thermoelement 27 und ein Leistungsfaktormesser 28, und in den Speicher 15 über Leitungen 30 bzw. 35 eingeben. Der Blattspeicher 20 liefert ein Signal, das die Blattlei-

22.12.81

3150824

- 7 -

M-

stungsbelastbarkeit $P_{BL\text{ GRENZ}}$ (begrenzt durch die zulässige Blattbeanspruchung) als Funktion einer Mittlere-Windgeschwindigkeit-Signals angibt, das aus einem Meßgeber 37, wie beispielsweise einem Windmesser, erhalten und über eine Leitung 40 in den Speicher eingegeben wird. Der Getriebefunktionsgenerator oder -speicher 25 liefert ein Ausgangssignal, das die Leistungsbelastbarkeit $P_{GB\text{ GRENZ}}$ des Getriebes als Funktion von sowohl Mittlere-Windgeschwindigkeit (V_W)- als auch Windturbulenzfaktor (TF)-Eingangssignalen angibt. Das Windgeschwindigkeitssignal kann der Leitung 40 entnommen und über eine Leitung 45 in den Speicher 25 eingegeben werden. Das Turbulenzfaktorsignal, das die Größe der Windturbulenz (Windböen) angibt, wird durch eine geeignete Vorrichtung 47 geliefert, die wiederholte Messungen der Windgeschwindigkeit durchführt und einen Turbulenzfaktor auf der Basis von gemessenen Windböen und von berechneten mittleren Windgeschwindigkeiten berechnet. Dieses Signal wird in den Speicher 25 über eine Leitung 50 eingegeben. Die Blattbeanspruchungen nehmen, wie oben beschrieben, ab, wenn dem Wind gestattet wird, von den Blättern zu "streuen", wodurch der resultierende Schub, der auf die Blätter einwirkt, verringert wird. Bei Windgeschwindigkeiten, die größer als die Nenngeschwindigkeit sind, sind daher die Blattspannungen niedriger als diejenigen bei der Nenngeschwindigkeit, weshalb die Blätter in der Lage sind, größere Mengen an Windenergie aufzufangen, ohne daß übermäßige innere Spannungen erzeugt werden. Durch den Speicher 25 ist dargestellt, daß, wenn die Turbulenz abnimmt, die Dauerleistungs- oder Dauerdrehmomentbelastbarkeit des Getriebes zunimmt. Es ist somit zu erkennen, daß unter gewissen günstigen Wind-, Temperatur- und Leistungsfaktorbedingungen die Speicher 15, 20 und 25 Leistungssignale liefern, die eine Belastbarkeit angeben, welche wesentlich größer ist als irgendeiner der Nennwerte der Blätter, des Getriebes oder des Generators.

22.12.81

3150824

-8-

- 12 -

Die Ausgangssignale der Speicher 15, 20 und 25 werden an Leitungen 55, 60 bzw. 65 angelegt. Gelegentlich, beispielsweise während des Hochlaufs des Windturbogenerators, wenn die Windturbine allmählich auf Drehzahl gebracht werden muß, ist ein Bezugssignal von weniger als dem Maximalwert erforderlich. Zum Erzielen einer solchen Regelung wird eine Führungsgröße in die Anordnung nach der Erfindung über eine Leitung 70 eingegeben.

Wenn zu Erläuterungszwecken angenommen wird, daß die mit der gestrichelten Linie 75 umrahmte Schaltung bei der Erfindung nicht vorgesehen ist, so werden die Ausgangssignale der Speicher 15, 20 und 25 und die Leistungsführungsgröße einer Kleinstsignalwählschaltung 80 zugeführt, die das kleinste dieser vier Signale auswählt und dieses kleinste Signal als Ausgangsbezugssignal P_{BEZ} auf einer Leitung 85 durchläßt. Dieses Signal gibt, wie oben dargelegt, einen Blatteinstellwinkel an, auf den die Windturbinenblätter eingestellt werden, um eine Ausgangsleistung zu erzielen, die diesem Bezugssignal entspricht. Die Kleinstsignalwähleinrichtung kann eine geeignete Schaltungskomponente oder Schaltung sein, wie beispielsweise eine erste Gruppe von Vergleichern, die den Wert eines der Signale mit den Werten der anderen vergleichen, und eine zweite Gruppe von Vergleichern, die die Ausgangssignale der ersten Gruppe von Vergleichern vergleichen, und zwar zusammen mit Gattern, von denen eines durch die Vergleichern aktiviert wird, um das Signal kleinsten Wertes als das Ausgangssignal der Kleinstsignalwählschaltung durchzulassen.

Wenn angenommen wird, daß die maximal mögliche Ausgangsleistung des Windturbogenerators erwünscht ist, so wird im Betrieb die Führungsgröße einen größeren Wert haben als die Signale der maximal zulässigen Leistung oder des maximal zulässigen Drehmoments aus den Speichern 15, 20

22.12.81

3150824

- 9 -

- 13 -

und 25. Wenn eine mäßig hohe mittlere Windgeschwindigkeit, ein hoher lastseitiger Leistungsfaktor und ein relativ niedriger Windturbulenzfaktor vorausgesetzt werden, so ist zu erkennen, daß die Turbinenblätter und der Generator Eingangsleistungen vertragen, die wesentlich über den Minimalnennwerten dieser Anlagenteile liegen. Ebenso gestattet der niedrige Turbulenzfaktor dem Getriebe eine Eingangsleistung, die größer ist als die Nenneingangsleistung. Der Windturbogenerator kann daher bei höheren als Nenneingangsleistungen der Blätter, des Getriebes und des Generators sicher betrieben werden und kann deshalb mit einer elektrischen Ausgangsleistung betrieben werden, die höher als die elektrische Nennleistung ist. Wenn angenommen wird, daß die Windbedingungen so sind, daß die Eingangsleistungsgrenze des Getriebes erreicht wird, bevor irgendeine der Eingangs Drehmoment- oder Eingangsleistungsgrenzen der anderen Anlagenteile erreicht werden, so wird das Signal aus dem Getriebespeicher 25 kleiner sein als die Ausgangssignale aus den anderen Schaltungsteilen und kleiner als die Führungsgröße. Demgemäß wählt die Kleinstsignalwählschaltung 80 das Getriebesignal aus und läßt dieses Signal als Ausgangsbezugssignal durch. Dieses Bezugssignal wird demjenigen Teil der Windturbogeneratorregelanzordnung (nicht dargestellt) zugeführt, der den Blatteinstellwinkel auf eine Position einstellt, welche einer tatsächlichen Windturbogeneratorausgangsleistung entspricht, die im wesentlichen gleich der ist, die das Bezugssignal verlangt. Es ist somit zu erkennen, daß unter gewissen günstigen Wind-, Temperatur- und Leistungsfaktorbedingungen die Regelanzordnung nach der Erfindung auf Verlangen ein Leistungsbezugssignal einstellen kann, das wesentlich größer ist als irgendeiner der Nennwerte der Blätter, des Getriebes oder des Generators, wodurch die durch den Turbogenerator erzeugte elektrische Energie maximiert wird.

22.12.81

3150824

- 10 -

- 14 -

Die Ausgangssignale des Speichers 15 können einer Integral- oder Nacheilkompensationsschaltung 75 zugeführt werden, wobei selbstverständlich gleiche Nacheilkompensationsschaltungen mit den Ausgängen der Speicher 20 und 25 auf gleiche Weise verbunden sein können. Die Nacheilkompensationsschaltung enthält einen ersten Summierpunkt oder eine erste Differenzschaltung 90, die die Differenz zwischen dem Ausgangsbezugssignal 85 der Kleinstsignalwählschaltung 80 und dem Ausgangssignal der Nacheilkompensationsschaltung (Leitung 95) bildet und als Ausgangssignal auf einer Leitung 100 ein erstes Fehlersignal abgibt, das zu dieser Differenz proportional ist. Dieses Ausgangssignal des Summierpunktes 90 wird an einen Begrenzer 105 angelegt, der den Wert des ersten Fehlersignals begrenzt. Das Diagramm des Begrenzersignals zeigt, daß in einem Unempfindlichkeitsbereich unterhalb eines vorbestimmten Fehlers (in der bevorzugten Ausführungsform ist der Prozentsatz auf 5% der Windturbo-generatornennausgangsleistung eingestellt) das Begrenzer- ausgangssignal null ist. Oberhalb dieses Unempfindlichkeitsbereiches ist das Begrenzerausgangssignal ein eingestellter Bruchteil des Wertes des ersten Fehlersignals, was durch die Verstärkung des Begrenzers festgelegt wird. Das Ausgangssignal des Begrenzers 105 wird an einen zweiten Summierpunkt 110 angelegt, der die Differenz zwischen der Summe des Ausgangssignals des Begrenzers 105 und dem Ausgangsbezugssignal 85 und dem Ausgangssignal des zugeordneten Speichers bildet, in diesem Fall des Speichers 15. Das Ausgangssignal des zweiten Summierpunktes 110 wird an einen Integrator 115 angelegt, der die Integralkompensation bewirkt, um die Genauigkeit des Ausgangssignals aus dem Speicher zu verbessern und dieses zu glätten.

Die Integral- oder Nacheilkompensationsschaltung arbeitet folgendermaßen: Wenn das Ausgangsbezugssignal 85 durch ein Signal festgelegt wird, das nicht aus dem Funktionsgenera-

22.12.81

3150824

- 4 -

-AS-

tor 15 stammt, liefert der Summierpunkt 90 ein Fehlersignal, das zu der Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Integrators 115 und dem Ausgangsbezugssignal 85 proportional ist. Ohne den Begrenzer 105 könnte eine wesentliche Differenz zwischen dem Bezugsausgangssignal 85 und dem Ausgangssignal des Integrators 115, oder, wenn angelegt an den zweiten Summierpunkt 110, mit dem Ausgangssignal aus dem Speicher 15 und dem Bezugssignal 85 ein großes zweites Fehlersignal bilden, das den Integrator 115 triggert und eine fortgesetzte, jedoch unnötige Integration durch dieses Schaltungsteil verursacht, was wiederum eine weitere fortgesetzte Vergrößerung der Fehlersignale bewirken würde. Der Begrenzer 105 begrenzt den Fehler zwischen dem Integratorausgangssignal und dem Bezugssignal 85 auf die oben beschriebene Weise, wobei er jede Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Speichers 15 und dem Ausgangsbezugssignal 85 kompensiert. Dadurch wird das Ausgangssignal des Summierpunktes 110 auf null oder auf einen Wert verringert, der den Betrieb und damit das Ausgangssignal des Integrators 115 geeignet begrenzt.

Die Nacheilkompensationsschaltung ist zwar, wie erwähnt, in Verbindung mit dem Generatorleistungsbelastbarkeitsfunktionsgenerator 15 dargestellt, es ist jedoch klar, daß Nacheilkompensationsschaltungen sowohl bei dem Blattspeicher 20 als auch bei dem Getriebespeicher 25 auf gleiche Weise benutzt werden können.

Die hier beschriebene Erfindung kann entweder mit Analog- oder mit Digitaleinrichtungen oder mit einer Kombination derselben implementiert werden, wobei die Umwandlung von Analogsignalen in Digitalsignale, und umgekehrt, vorgesehen ist. Weiter sind zwar die Ausgangssignale der Funktionsgeneratoren oder Speicher 15, 20 und 25 als Funktionen der Temperatur, des Leistungsfaktors, des Turbulenz-

20.10.81

3150824

- 12 -

- 16 -

faktors und der Windgeschwindigkeit beschrieben worden, es ist jedoch klar, daß die Ausgangssignale dieser Schaltungsteile als Funktionen von anderen Parametern festgelegt werden können, beispielsweise von Parametern, durch die die oben erwähnten Temperatur-, Leistungsfaktor-, Turbulenzfaktor- und Windgeschwindigkeitsparameter berechnet werden können.

251 Nummer:

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

31 50824
F03 D 7/04
22. Dezember 1981
5. August 1982

